

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-315879

(43)公開日 平成6年(1994)11月15日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 5 J 9/08		8611-3F		
F 1 6 H 1/28		9137-3J		

審査請求 未請求 請求項の数14 F D (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平6-49791

(22)出願日 平成6年(1994)2月23日

(31)優先権主張番号 08/022,000

(32)優先日 1993年2月24日

(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 594048356

ファナック ロボティクス ノース アメ
リカ インコーポレイテッド米国 ミシガン 48326 オーバーン ヒ
ルズ エス アダムズ ロード 2000

(72)発明者 ハディ エイ アキール

米国 ミシガン 48309 ロチェスター
ヒルズクエイル リッジ サークル 3010

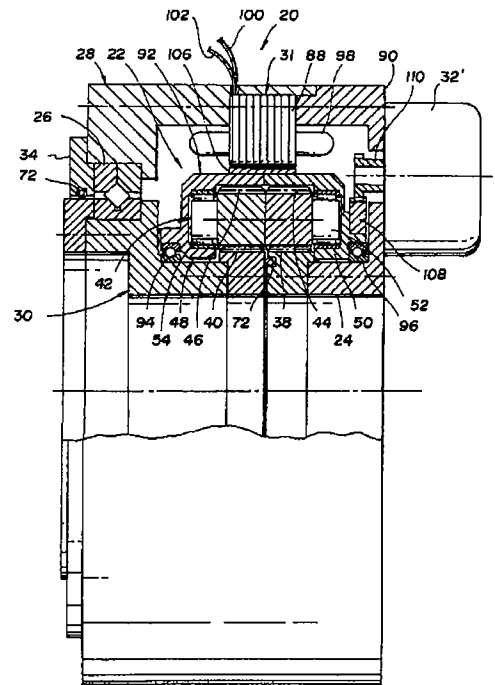
(74)代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54)【発明の名称】 電動回転継手およびそれを使用したモジュラーロボットの構成方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 継手軸受と、低バックラッシュ、高過負荷容量で比較的大きい中心貫通穴を設ける能力を有する減速機を組込んだ電動回転継手を提供する。

【構成】 ロボット用電動回転継手20は、遊星式減速機の如き、動力伝達装置付き継手軸受を組込んでおり、電線100、102およびサービス線を通す大きい中心穴を備えている。電動回転継手20は同じ継手ハウジング構造28、30内部に内蔵の回転子92および固定子88構成を備え、電動機31が減速機22と同じ軸受26およびハウジング構造28、30を共有できる。回転子92は減速機22の遊星をも支持し、固定子88は減速機22のハウジング構造28、30に組み込まれているかまたは結合される。電動回転継手20はまたエンコーダ、電子構成部品を載せている回路板31、および内蔵ブレーキを收容し、全体として一体の知能的回転継手となっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 中心穴を有する円筒形動力伝達部と、動力伝達部と駆動係合して動力伝達部を駆動するモータと、

外側寸法および内側寸法を有し、動力伝達部およびモータを收容する第1および第2のハウジング部を備え、第1および第2のハウジング部の一方は負荷に結合されるようになっている中空ハウジングと、

第1のハウジング部と第2のハウジング部とを相対的に回転移動させて負荷を駆動するため第1のハウジング部と第2のハウジング部との間に設置されている第1の軸受手段と、

ハウジング内部に設置され、動力伝達部およびモータを回転可能に支持する軸受であって、回転継手がサービ線が通過する中心中空コアを備えており、内側寸法が外側寸法に対して比較的大きい第2の軸受手段とを有する、

それに結合されている負荷を駆動する電動回転継手。

【請求項2】 モータが、前記ハウジング内にハウジング部の一方で支持されている固定子および回転子を備えている電動機であり、第2の軸受手段は回転子を回転可能に支持しており、該回転子はハウジング内で動力伝達部に支持されている請求項1に記載の継手。

【請求項3】 動力伝達部は支持体を備えている遊星型減速機であり、支持体は回転子をも支持している請求項2に記載の継手。

【請求項4】 更に、ハウジング内に取付けられ、回転子に電氣的に結合されて電気エネルギーを回転子に供給する手段を備えている請求項2に記載の継手。

【請求項5】 更に、ハウジング内に取付けられ、第1のハウジング部と第2のハウジング部との間の角変位を表わすフィードバック信号を発生するエンコーダを備えている請求項1または4に記載の継手。

【請求項6】 更に、ハウジング内に取付けられ、制御制御信号に应答して第1のハウジング部と第2のハウジング部との間の相対回転を制動するブレーキを備えている請求項5に記載の継手。

【請求項7】 円筒形動力伝達部と、動力伝達部に駆動係合して動力伝達部を駆動するモータと、

電力および制御信号を受取り、制御信号に应答してモータを駆動する電気構成要素を備えている回路板と、

動力伝達部、モータ、および回路板を收容する第1および第2のハウジング部を備え、第1および第2のハウジング部の一方は負荷に結合されるようになっているハウジングと、

第1のハウジング部と第2のハウジング部とを相対的に回転移動させて負荷を駆動するため第1のハウジング部と第2のハウジング部との間に設置されている第1の軸受手段と、

ハウジング内部に設置され、動力伝達部およびモータを回転可能に支持する第2の軸受手段とを有する、それに結合されている負荷を駆動する知能的電動回転継手。

【請求項8】 更に、ハウジング内に取付けられ、第1のハウジング部と第2のハウジング部との間の角変位を表わすフィードバック信号を表わすエンコーダを備えており、電気構成要素はフィードバック信号を受取り、電気構成要素がモータの閉ループ制御を行うようにする手段を備えている請求項7に記載の継手。

【請求項9】 電気構成要素は、電気制御信号を外部プログラム式コントローラから受取り、それに应答して対応する命令信号を発生するようになっている通信回路を備えている請求項7または8に記載の継手。

【請求項10】 電気構成要素はプログラム式マイクロコンピュータおよびモータを制御可能に駆動するモータ駆動回路を備えており、プログラム式マイクロコンピュータは命令信号を処理して回路制御信号をモータ制御回路に供給し、モータ駆動回路は回路制御信号に应答してモータを駆動する請求項9に記載の継手。

【請求項11】 更に、ハウジング内に取付けられ、電子構成要素により発生される制動制御信号に应答して第1のハウジング部と第2のハウジング部との間の相対回転を制動するブレーキを備えている請求項10に記載の継手。

【請求項12】 動力伝達部は完全に貫通する中心穴を備え、ハウジングは中空であり、中空ハウジングは内側寸法および外側寸法を備えており、回転継手はサービ線が通過する中心中空コアを備えており、内側寸法は外側寸法に対して比較的大きい請求項7に記載の継手。

【請求項13】 少くとも一つの回転軸を備えているモジュラーロボットを構成する方法であって、各回転軸について請求項1または請求項7に記載の回転継手を準備する段階と、

各回転軸について貫通する穴を有する壁を備えた中空構造モジュールを準備する段階と、

各構造モジュールの穴をその対応する継手の中心中空コアと整列させる合せる段階と、

各構造モジュールをその対応する回転継手に固定する段階と、

少くとも1本の電気ケーブルを各構造モジュールの穴および各対応する整列された中心中空コアを通して引回し、各回転継手を付勢すると共にそれと電氣的に連絡してロボットに電力を供給すると共にそれを制御することができるようになる段階と、から成る方法。

【請求項14】 整列段階は回転継手をその対応する構造モジュール内に配設する段階を含む請求項13に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は電動回転継手に関し、特に、軸受支持および減速を行うロボット用電動中空回転継手に関する。

【0002】

【従来の技術】本出願は、本発明と同じ出願日および譲受人に係る「Planetary Type SpeedReducer Having Compound Planets And Method of Constructing Such Planets（複合遊星を有する遊星型減速機およびそのような遊星の構成方法）」と題する出願に関係している。関節アームロボットは支持軸受、および電動機のような原動機に接続された減速機を備えた回転継手を有している。継手への位置フィードバックは普通、モータシャフトまたは継手で接続される2本のアームの一方に接続されたレゾルバまたはエンコーダにより行われる。或る継手では、ロボットアームが重力下で落下しないよう保持するのに、通常減速機の高速モータ側に、ブレーキが必要である。このような構成要素を独立の構成要素として使用すると、継手、モータ、エンコーダ、および/またはブレーキに複数組の軸受を使用することに関連する費用が生ずる。別の費用は構成要素間の機械的インターフェースおよび軸継手に関連しており、継手も一層かさばり、そのモジュラリティを失うことになる。

【0003】時折、幾つかの構成要素が更に少いモジュールに組み込まれることがある。たとえば、サーボモータは一つのモータモジュール部としてエンコーダまたはブレーキまたは両者を備えることがある。これによりロボットの組立および保守が簡単になり、その全体としての大きさおよび費用が減少する。直接駆動モータは減速機を必要としないが、比較的低トルクの用途に限定される。或る他のモジュールは継手軸受を、市場入手可能な Cycloidal and Harmonic drive 減速機のような減速機に組み込んでおり、モータ・ブレーキ・エンコーダモジュールを付加することにより、ロボットの継手を二つのモジュールだけで構成することができる。

【0004】減速機はロボット継手に広範に使用されているが、それらはロボット構成の特定の必要性を完全には満たしていない。たとえば、ロボット継手を中空にしてケーブルおよびサービス線を基体からロボットアームの直列接続継手まで、および最終的にその終端作動体まで継手を通過させることが望ましい。また、ロボット継手、減速機、およびモータがそれ自身の独立した軸受を備えている継手での軸受の重複を避けることが望ましい。

【0005】ロボットは時々、周辺機器との干渉から生ずる過負荷を受けることがある。このような干渉は、ロボット継手および減速機が生来高負荷容量を備えていない限り、ロボットを損傷して動作不能にする可能性がある。更に、緊密なサーボ制御のもとでのロボット動作はバックラッシュが最小限で高い剛性を有するロボット継手を必要とする。ロボットの構成は構成要素を内蔵して

製造、組立、および保守を簡単にし、ロボットの原価を減らすことから利益を得る。

【0006】市販の幾つかの減速機はこれら長所の幾つかを提示している。たとえば、RV減速機として知られている回転ベクトル減速機、およびハーモニックドライブをロボット継手に組み込み、共通軸受を共有させることができる。RV減速機はバックラッシュも少く、高過負荷支持容量をも備えており、小さい中心穴を設けることができる。しかし、RV減速機は重量が重く、値がさであり、認め得る値になるだけの充分大きい中空中心コアを提示していない。ハーモニックドライブはバックラッシュが過大で、過負荷容量が小さく、中空中心を備えていない。両駆動装置はモータ取付け選択肢が非常に限られている。歯車列を利用する特別製作の減速機を構成して必要な特性を得ることができるが、費用が不必要に高くなるか、コンプライアンスが過大になるかする。

【0007】Larsonに与えられた米国特許第4,904,148号は産業ロボット用ロボットアームを開示しているが、これは貫通するケーブル経路を備えているように見える継手を備えている。

【0008】Watanabe等に与えられた米国特許第5,069,524号は光ファイバケーブルおよび各種管類のための通路を備えたロボットハンドー光ファイバコネクタ結合アセンブリを開示している。

【0009】Chikamori 等、Taig, Matsumoto 等、およびFerrary にそれぞれ与えられた米国特許第4,918,344号、第4,850,457号、第4,690,010号、および第3,239,699号は電動機減速機複合機構を開示している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】従って、軸受、モータ、減速機、ブレーキ、およびエンコーダのような回転継手の構成要素すべてを組み込んだ単一モジュールを設けることが非常に望ましい。このような継手は、NASAが所有しており、発明者がJohn. M. Vranish, Paul. W. Richards, およびPeter. D. Spidaliereである係属中の特許出願に開示されていると信じられている。

【0011】このようなモジュールはユニットとして低コストで製作することができ、高信頼性を有する少い構成要素、およびコンパクトなパッケージを備えている。このようなモジュールはロボットを迅速に作ることができ、ロボットの保守を少くすることができ、ロボットの全体の費用を一層低くすることができる。

【0012】一般に、このようなロボットは本来的にコンパクト且つ軽量であり、内蔵エンコーダおよびブレーキを備え、モータ取付位置の変化に適応することができ、随意選択の減速化を与え、高過負荷能力および大きい中空中心を備えている低バックラッシュの減速機を備えていることが望ましい。最適ロボット継手は単一モジュール内にこのような望ましい関節要素および機能を組

込んでおり且つ二つの面に二つの隣接ロボットアームまたは他の純粋に構造的の部分に結合する簡単な機械的インターフェースを備えていることになろう。

【0013】本発明の目的は、継手軸受、および低バックラッシュ、高過負荷容量、および比較的大きい中心貫通穴を設ける能力を有する減速機を組込んでいる電動回転継手を提供することである。

【0014】本発明の他の目的は、モータモジュールを減速機に結合するための幾つかの取付け位置を随意に選択し得るような回転継手を提供することである。

【0015】本発明の更に他の目的は、モータ、減速機、ブレーキ、エンコーダ、および電子構成要素を有する回路板を共通の一組の軸受により支持されている構造に組込んだロボット継手モジュールを提供することである。

【0016】本発明のなお他の目的は、継手軸受、モータ、および減速機を備えている自動ロボット継手を提供することである。

【0017】本発明のなお更に他の目的は、継手軸受、モータ、減速機、および制御および通信能力を発揮する電子構成要素を備えた回路板を備えている知能的な自動ロボット継手を提供することである。

【0018】本発明の他の目的は、このような継手モジュールおよび構造的構成要素だけからモジュラーロボットを構成する方法を提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の上述の目的および他の目的を遂行するにあたり、それに結合された負荷を駆動するための電動回転継手を設ける。回転継手は、中心穴、動力伝達部に駆動係合して動力伝達部を駆動するモータ、および外側寸法および内側寸法を有する中空ハウジングを備えている。ハウジングは動力伝達部およびモータを収容する第1および第2のハウジング部を備えている。第1および第2のハウジング部の一方は負荷に結合されるようになっている。継手は第1のハウジング部と第2のハウジング部とを相対的に回転移動させて負荷を駆動するため第1のハウジング部と第2のハウジング部との間に設置されている第1の組の軸受と、ハウジング内に設置されて動力伝達部およびモータを回転可能に支持する第2の組の軸受とをも備えている。回転継手はサービス線を通過させる中心中空コアを備えている。ハウジングの内側寸法はハウジングの外側寸法に対して比較的大きい。

【0020】更に本発明の上述のおよび他の目的を遂行するにあたり、それに結合されている負荷を駆動するのに知能的電動回転継手が設けられている。回転継手は円筒形動力伝達部を備えている。モータは電力伝達部と駆動係合して動力伝達部を駆動する。電子構成要素をその上に備えている回路板は電力および制御信号を受取り、それに応答してモータを駆動する。継手はまた動力伝達

部、モータ、および回路板を収容する第1および第2のハウジング部を備えている。第1および第2のハウジング部の一方は負荷に結合されるようになっている。継手は第1のハウジング部と第2のハウジング部とを相対回転移動させて負荷を駆動するため第1のハウジング部と第2のハウジング部との間に設置されている第1の組の軸受、およびハウジング内に設置されて動力伝達部およびモータを回転可能に支持する第2の組の軸受を備えている。

【0021】更になお本発明の上述の目的および他の目的を遂行するにあたり、少くとも一つの回転軸を有するモジュラーロボットを構成する方法が提供される。方法は各回転軸について上述のような回転継手を準備する段階と、各回転継手について貫通する穴を備えた壁を備えている中空構造モジュールを準備する段階とを含んでいる。方法は構造モジュールの穴をその対応する継手の中心中空コアと整列させてサービス線を各整列された穴および中心中空コアを通過させる段階と、各構造モジュールをその対応する回転継手に固定する段階をも含んでいる。

【0022】好適には、動力伝達部は遊星型減速機であり、モータは第2の組の軸受により回転可能に支持され、減速機の遊星歯車を支持する回転子を備えている電動機である。

【0023】また、好適には、継手はブレーキおよびフィードバック信号を発生するエンコーダを収容することができる。

【0024】上述の目的に留意して、本発明は、
・効率の良いロボットアームの必要性を満たし、
・ロボットアーム内に直接取付けることができ、
・生来的にその外側寸法に対して大きい中空部をその中心コアに設けることができ、
・その負荷支持容量に対して本来的にコンパクトで且つ重量が軽く、
・モータ取付け位置の変動に適応することができ、
・修正を最小限にして同じハウジング内で複数の減速比を発生することができ、
・本来的に高過負荷に耐えることができ、
・本来的に製造原価が低い、
電動ロボット回転継手を提供する。

【0025】本発明の他の目的は

・遊星歯車減速機が内蔵されている中空継手を有するロボット、
・コンパクトで廉価なパッケージに高トルク出力を有する電動継手を設けた一体型モータ減速機構造、
・中空中心、継手軸受、および電動用素子を有し、それらすべてが一つのコンパクトなパッケージに入っている一体型電動ロボット継手、
・中空中心、継手支持軸受、電動用素子およびフィードバックエンコーダを備え、それらすべてが一つのコンパ

クトなパッケージに組込まれている電動ロボット継手、および

・中空中心、継手支持軸受、電動用素子、電子構成要素を備えている回路板、フィードバックエンコーダ、およびブレーキを備え、それらすべてが一つのコンパクトなパッケージに組込まれている知能的電動ロボット継手、を提供することである。

【００２６】本発明の上述の目的および他の目的、特徴、および長所を遂行するに当り、本発明は好適に下記支持特徴を備えている。

【００２７】１．旋回形式の遊星歯車。これにより、簡潔性、円筒性、軽量、および二つの隣接歯車間の高減速比が得られる。

【００２８】２．モータシャフトから可変比で支持体を駆動する第１段減速装置。これにより減速機が最小限の修正で同じ外周器内に複数の比を持つことができる。

【００２９】３．比較的低速度で移動する部品間の封止構造。これにより、特に高速減速器部品について、長期間潤滑および長寿命が可能になる。

【００３０】４．減速機、モータ、および負荷の間の直接結合に関する取付け設備。これにより、減速機、モータ、および負荷の各構造の間の部品の重複を避けることによりロボット継手をコンパクト、軽量、および廉価にすることができる。

【００３１】５．回転ロボット継手の内側の最小限の空間に内部取付けするに最も適する円筒形態に減速機をまとめること。これにより簡潔性と効率的な空間利用とが得られる。

【００３２】６．低価格で大量生産しうる伝統的な歯車構成要素を使用していること。これによりその性能特徴に対して本来的に廉価な減速機が得られる。

【００３３】７．モータの固定子を減速機ハウジング内に、回転子を遊星支持体に組込んでいること。これにより同じ構造および軸受をロボット継手内の減速機と共有する一体型電動要素が形成される。

【００３４】８．エンコーダ要素をモータ固定子とモータ回転子との間に、または継手の他の二つの相対移動要素の間に組込んでいること。これによりモータの通信および位置決めに対する位置フィードバックが得られる。

【００３５】９．継手ハウジング内部に電子構成要素を備えた回路板を組込んで継手にモータ制御とデータ通信との能力を与えていること。

【００３６】１０．比較的且つ好適に高速で移動する二つのハウジング要素の間に摩擦ブレーキ要素を組込んでいること。これにより継手の制動能力が得られる。

【００３７】１１．隣接する二つのロボットアームに結合するための機械的インターフェースを継手の二つの構造ハウジングに設けてあること。これによりロボットを継手モジュールおよび構造的アーム要素から敏速に構成することができる。

【００３８】本発明の上述の目的および他の目的、特徴、および長所は、付図に関連して読むとき、本発明を実施する最良態様の下記詳細説明から容易に理解される。

【００３９】

【実施例】次に図面を参照すると、図１に本発明に従って構成された、全般的に２０で示された、電動回転継手の第１の実施例が図解されている。回転継手２０は全般的に３１で示された電動機を備えている。回転継手２０は一般的に、中空中心２４を有し、軸受２６および全般的にそれぞれ２８および３０で示した、ハウジングの二つの構造である第１および第２のハウジング部を備えている全般的に２２で示した減速機を組込んでいる。

【００４０】図５には本発明の他の実施例が図解されており、これでは回転継手２０'はモータ３１'をも組込んでいる。図１５乃至図１７もスリップリングセット、モータエンコーダ、およびブレーキ（すべて仮想線により、それぞれ３２、３２'、および３２''で全般的に示してある）が回転継手２０および２０'に組込まれていることを示している。

【００４１】本発明の方法を、幾つかのロボットモジュールおよびこのようなロボットモジュールから構成された幾つかの典型的ロボット構成を図示してある図１８、図１９乃至図２９および図３０乃至図３５に関連して説明する。

【００４２】再び図１を参照すると、回転継手２０は、軸受２６により第２のハウジング部３０に回転可能に取付けられ、リテーナ３４により互いに対して所定位置に保持され、複数のボルト（図示せず）により固定されている第１のハウジング部２８を備えている。第１のハウジング部２８はファスナ（図示せず）により反作用歯車３８に結合されている。歯車３８はファスナ（図示せず）により第２のハウジング部３０に同様に結合されている出力歯車４０に隣接している。歯車３８および４０は外歯歯車形式のものである。

【００４３】減速機２２は、全般的に４２で示した複数の複合歯車遊星を備えている。各歯車遊星はそれぞれ外歯歯車３８および４０の歯とかみ合う二つの部分４４および４６を備えている。一つの歯車遊星４２だけを示してある。

【００４４】歯車遊星４２は、全般的に４８で示してある支持体アセンブリにより支持されている。支持体アセンブリ４８は、断面がＵ形のスプール形支持体５０、心棒５２、および軸受５４を備えている。心棒５２は支持体５０の側面フランジ間にあり、軸受５４は各歯車遊星４２をその心棒５２で回転可能に支持している。支持体アセンブリ４８は、軸受９４および９６により第２のハウジング部３０に回転可能に支持されている。

【００４５】ロボット継手２０はまた第１および第２のハウジング部２８および３０に組込まれるか取付けられ

るかしている部品の間に好適に設置されて歯車機構の動作に必要な潤滑剤の漏洩を防止するシール72を備えている。別のシールを、支持体92とハウジング部28および30との間に便利に付加して、必要ならモータ31を乾燥状態にしておくことができる。

【0046】図1は歯車遊星42の外に設置された軸受26を示している。図1の回転継手20は軸受26の負荷支持容量および剛性を遊星減速機22のトルク出力に対して最大にしようとするとき好適な実施例である。

【0047】モータ31は固定子要素88を備えており、これは保持板90により第1のハウジング部28に取付けられている。モータ31はまた支持体アセンブリ48の一部である回転子または回転子要素92を備えている。

【0048】モータ31は更に、電線リード100および102を通して電流を供給され、且つ回転子要素92の部材106と相互作用する付勢用コイル98を備えている。部材106は電動機には習慣的な永久磁石でよい。

【0049】図5は、内蔵モータ31''を有するコンパクトなロボット回転継手20''の形を成す本発明の他の実施例を示す。第1の実施例の構成要素と同じまたは同様の構成要素は同じ参照数字ではあるが''を付けた数字で表わしてある。図5の実施例は内歯式の遊星歯車を示している。

【0050】明らかに、他の形式の電動機を当業者は周知であり、図1の固定子88と回転子92との間のこの同じ相対的構成の内部に使用することができる。たとえば、永久磁石回転子の代りに、巻き回転子を使用することができ、この場合には磁石の代りに、部材106は図3に概略示したように導電体106'''である。導電体は受動的で良く、または電流により外部で付勢することができる。最初の二つの実施例の構成要素と同じまたは同様の構成要素は同じ参照数字ではあるが'''を付けた数字で表わしてある。

【0051】電流は固定子巻線による誘導により、または図15のスリップリングセット32により回転する回転子に伝えることができる。スリップリングセット32は導電円環リング109を備えており、これは回転子92に取付けられ、保持板90にねじ込み固定され且つ保持板90を通して完全に突出している取付け部材116の内部に入っているばね114により偏倚力を与えられているブラッシ111により滑動する。ブラッシ111には図15に示すように導線112を通して電気を供給される。このようなセット二組が通常必要である。

【0052】本発明はまたスリップリングセット32の他に図16および図4が示すような符号化装置を備えている。エンコーダ32'は回転子92'と静止保持板90'との間にスリップリングセット32の位置と同様の位置に取付けることができる。リング109'は、光学

エンコーダにとって普通であるように半径方向符号化マークが刻まれている反射リングから構成することができ、またはリング109'は磁気符号化素子に見られるように半径方向に鋸歯状の切込みがある鉄製リングを備えることができる。付勢器/読取器118はフェライトリングからの磁気パルスを検知する近接ピックアップ、または光学エンコーダ用のレーザダイオードエミッタと光電池レシーバとの組合せとすることができる。エンコーダ32'はモータの固定子に対してモータの回転子を位置決めする際に通常使用される位置信号を発生する。このような信号はスリップリングセットを備えていないACサーボモータにおいて巻線整流を行うのに使用することもできる。図2において、伝統的な回転エンコーダ32'は保持板90に支持され且つそのピニオン110と支持体92に一体的に結合されている歯車108との間に歯車係合しているように示してある。

【0053】上述のモータ要素は電動機のものである。しかし、他の形式のモータをも適合させることができる。たとえば、固定子要素88およびコイル98を空気または油圧モータのハウジングで置き換えることができ、回転子92をこのようなモータの羽根式ピストンで置き換えることができる。両モータ構成要素は図5の取付け用軸受26''のような取付け用軸受により互いに位置的に関係づけられたままになっていることができる。空気モータおよび油圧モータは整流を必要としないが、そのピストンを位置決めし、継手ハウジング部品の相対移動を示すのにエンコーダ信号を利用している。

【0054】更に、本発明はスリップリングセット32およびエンコーダ32'の他に図17および図4に全般的に32''と示してある同様の位置に制動要素を備えることができる。回転子92''の運動はピストン129および流体作動シリンダ128と保持板90''との内側に封止して組立てられているばね126により互いに対して偏倚されている摩耗リング120とブレーキパッド122との間の摩擦により効果的に制動することができる。シリンダ128は保持板90''にねじ込み固定され、ピストン129は保持板90''を貫いて突出している。

【0055】正常動作中、空気または油のような、加圧流体はシリンダ128の速壁130を通してピストン129を後退させ、したがってばね126を圧縮し、したがってパッド122を摩耗リング120から遠ざけて後退させ、支持体50''を自由に回転させる。

【0056】今度は図2および図4を参照すると、本発明は、電気制御信号を受取り、制御信号に応答してモータを制御するための電子構成要素を備えている少なくとも一つの印刷回路板131を備えることができる。印刷回路板131は、電力増幅器135、および図15の電線112に接続されたモータ整流回路137を含む、全般的に133で示したモータ駆動回路を備えている。駆動

回路133は回路制御信号にตอบสนองしてモータを制御性良く駆動するモータサーボ制御回路139をも備えている。回路板131は外部プログラミング制御装置(図示せず)からデジタル電気制御信号命令を受取る通信回路141を備えることもできる。

【0057】通信回路141は対応する命令信号を、一般的に143で示してあるプログラム型マイクロコンピュータに対して発生する。マイクロコンピュータ143はデジタルデータおよび命令を格納するデジタルデータ記憶媒体145を備えている。

【0058】回路板はまたマイクロコンピュータ143にエンコーダ32およびブレーキ32とそれぞれ通信させる回路147および149を備えている。

【0059】ここに記した形式の高減速比遊星減速機については、反作用歯車48の歯の数は隣接する出力歯車の歯数とはわずかなだけ、通常は1歯から5歯だけ、異なることができる。同じモジュールの歯を使用すると、歯車部44と46とを同一にすることができる。しかし、歯車部44と46とはそれらの歯が必ずしも互いに整列しないが、それぞれ相手の歯車38および40とは整列するように心棒52の上に組立てなければならない。

【0060】 Z_1 、 Z_2 、 Z_3 、および Z_4 が歯車38および40および部分44および46の歯の数にそれぞれ等しいと仮定すれば、遊星減速機20の総合減速比Rは支持体50の回転速度と出力歯車40の回転速度との間の比であり、この場合、 $R=1/(1-Z_4Z_1/Z_2Z_3)$ であり、 $Z_3=Z_4$ のときは $R=1(1-Z_1/Z_2)$ である。したがって、 Z_1/Z_2 が1.0に近づくとき、または Z_1 が Z_2 に近づくとき高減速比が達成される。

【0061】たとえば、 $Z_2=100$ で $Z_1=99$ と仮定すれば、 $R=100$ であり、歯車38および40の歯を一カ所でだけ整列させることができ、したがって、一つだけの単一歯車遊星、すなわち、二つの歯車38および40をまたぐ直線歯を有する歯車、を使用することができる。

【0062】 $Z_1=98$ であるとき $R=50$ であり2個の単一歯車遊星を使用することができる。 Z_1 と Z_2 との間のわずかな差のため、単一歯車遊星の同等に少数だけを歯車38および40の両者にそれらの歯が整列しているときかみ合わせる事ができる。減速機20に更に大きいトルクおよび動力を伝達させるには、歯車38および40の歯の整列により許容されるよりも多い遊星を使用しなければならない。

【0063】歯が角度的にずれている2個の部品を有する複合遊星は太陽歯車の周りにまたは内歯歯車の内側に取付けることができるだけの多数の遊星を使用することができる。複合遊星は Z_2 および Z_4 が等しくないときにも必要である。というのは共通の遊星をその歯車の各々が、それら歯車が互いに大幅に離れている場合、その場合には減速機20の長さが不快に増大することになる

が、の他は異なる歯を備えるように切削することができないからである。

【0064】たとえば、差 $Z_2-Z_1=s$ で、 Z_1 および Z_2 が、好適に、 s の倍数である場合、歯車38および40の歯は s 箇所の位置で整列することになり、その場合 s 個の等間隔に設置された単一歯車遊星を使用することができる。 $3s$ 個の等間隔に設置された遊星を使用すれば、同様の遊星群が存在することになる。すなわち、遊星の $1/3$ は単一歯車遊星となり、 $1/3$ は一方の部品の位相がその隣接部品から $p/3$ だけ角度的にずれている複合構成を有することになり、 $1/3$ は $2p/3$ だけ角度的にずれていることになる。ここで p は、図10に示すように、2個の隣接遊星間の角ピッチである。

【0065】一般に、 N 個の等間隔に設置された遊星があり、 N が s の n 倍であれば、各々が ip/n の角度ずれを有する $n=N/s$ 個の異なる複合遊星を備えている同様の遊星群が存在する。ただし、 $i=1, 2, \dots, n$ である。 N 、 Z_1 、および Z_2 のいずれも s の倍数でなければ、 N 個の遊星すべてが異なり、同様に組分けされることはない。

【0066】(複合遊星の構成方法) 2部品または2部分から成る複合遊星は異なる歯数の2個の同心歯車とかみ合わなければならないから、2個の部品は互いに所定の角度だけずれている二組の歯を備えていなければならない。遊星部品はまた確実に結合してその全トルク容量を一部品から他部品へ伝えなければならない。2部品は互いに直接結合されることができ、またはキー付きシャフトまたはスリーブのような確実なトルク伝達要素を通して結合されることができる。下記はこれらの目的を実現する構成方法である。

【0067】構成法#1 2個の遊星部品を共通の心棒、または中空のスリーブに取付け、 ip/n の適切な位相ずれになるまで角度的に回転させ、次いで互いに対して永久的に固定する。図6は $1/2$ ピッチのずれを示す。固定は、結合、または電子ビームまたはレーザービームによる溶接によるような、仕上り遊星部品の完全さを乱さない接合プロセスにより行うのが望ましい。図7は接合された複合遊星42を示し、図8は溶接された複合遊星42を示している。

【0068】接合に先立つ位置合せは伝統的な方法のどれによっても行うことができる。たとえば、歯車38および40を、各歯車の少くとも一つの歯を整列させた状態で、テンプレートとして使用することができ、接合しない2個の遊星部品を所要かみ合い位置に設置することができ、このようにしてそれらの位相関係を直接歯車38および40から得ることができる。固定する前2個の遊星部品の間の所要角度位相ずれを得るのに割出し分割を利用することもできる。

【0069】構成法#2 2個の遊星部品または遊星部分はスプライン穴を備えることができ、係合するスプライン

インシャフトまたは中空スリーブに滑動可能に取付けることができる。スプラインシャフトの角ピッチは p/n

(遊星の歯のピッチを一つのグループの歯車遊星の数で割ったもの)である。図9は $n=3$ で構成された複合歯車遊星42の一方の部品を示す。

【0070】同様の部品とかみ合わせるとき、2個の遊星部品について、歯Bが整列しているかまたはCが整列しているかにより、それぞれ $p/3$ または $2p/3$ の歯ずれが得られる。同様に名付けられている歯を整列させると、単一歯車遊星と同等のものが構成される。この方法は n が小さい数で、ピッチ p が大きいとき適している。その他の場合には、スプラインピッチ p/n が歯車遊星のトルクを伝えるには細かすぎるようになる。

【0071】構成法#3 これは、スプラインの歯数が n の倍数であり、遊星の歯の数が n の倍数でない他は、方法#2と同様である。スプライン付中空部を、ピンおよびキーのような、2個の遊星部品の間に剪断力を伝達する機械的インサートを受入れるどんな形式の案内路によってでも置き換えることができる。

【0072】例： $Z_2=9$ 、 $Z_1=9$ で且つ12個の遊星を使用すれば、 $s=Z_2-Z_1=3$ で $n=12/3=4$ 、したがって三つの遊星群が必要で、各グループは歯がそれぞれ $p/4$ 、 $p/2$ 、 $3p/4$ 、 p （すなわち、単一歯車として整列している）ずれている4個の遊星を備えている。スプラインの歯の数は4、8、12、・・・などのように $n=4$ の倍数とすべきである。逆に、遊星の歯の数はこれらの数のいずれともすべきではない。 $n=4$ および $Z_3=15$ の条件を図6および図10に示してある。

【0073】したがって、図6および図10を参照して、複合歯車遊星を、共通のスプライン歯、または単一共通キーを一方の部品の対応するキー溝と、たとえば、Dで、且つ第2の部品の対応するキー溝と $p/4$ ずれに対するEで、 $p/2$ ずれに対するFで、 $3p/4$ ずれに対するGで、または0ずれに対するDで、係合させることにより所要の角度ずれで共通心棒上に組立てることができる。図6は一方の遊星部品のスロットを他方の遊星部品のスロットと整列させて $p/2$ 位相ずれを得る状態を示している。

【0074】方法#3の場合、遊星部品のスプライン穴の空所と係合するのに単一機械キーを心棒上に使用することができ、または完全なスプラインシャフトを使用して遊星により高トルクを伝達することができる。

【0075】代りに、図11および図12に示すように、2個の遊星部品の接合面内にある、一つまたは複数のピンを、多数の穴、 n 、と係合させると、同じ位相結果を生ずる。半径方向のキー溝を接合面内に切ることができ、一つまたは複数のキーでキー止めすることができる。

【0076】バックラッシュ除去 バックラッシュは歯車遊星を偏心シャフトに取付けること（この場合シャフ

トの変位により歯車遊星が半径方向内向きまたは外向きに移動してそれらの歯を相手の入力歯車および出力歯車に一層近づける）によるような、周知の方法のどれによっても除去することができる。

【0077】好適実施例では、図13に200で全般的に示してある減速機歯車系はつる巻き角（ヘリックスアングル） X のはずば歯車形状を備えている。歯車遊星部品202および204はスプライン軸に取付けられ、軸206に平行に軸方向移動可能である。少くとも1個の遊星が2個の遊星部分または遊星部品202'および204'を強制的に離す（または一緒にする）軸方向ばね208を備えている。

【0078】相手歯車238および240と共に組立てるときは、遊星部品をばね208により押して相手歯車238および240の反対面210および212を係合させ、したがってバックラッシュを除去する。バックラッシュ余裕 d を図13に示す。

【0079】複合歯車間の負荷分担 複数の遊星を有する遊星型減速機の最大負荷容量を実現するには、負荷トルクがすべての遊星により均等に分担されなければならない。歯の大きさ、歯の間隔、軸受転動路の偏心率、中心距離配置のような多数のパラメータが達成し得る精度の量を制限し、究極的には負荷分布を不均一にする。

【0080】先に述べた方法により、各複合遊星に固定バックラッシュ調節を組込むと、負荷を複合遊星間に一層均等に分配するのに役立つことができる。得られる負荷分担の量は、軸受転動路の偏心率から生ずるもののような変動バックラッシュの影響に適応しないので限られるものになる。

【0081】一好適実施例を図14に概略示してあるが、この図では、図8に対応する要素に"の付いた同じ数字を与えてあり、ねじり変位を直線変位で表わしてある。所定量の角コンプライアンス Q が各複合遊星42"の二つの遊星部品44"と46"との間に組込まれている。負荷 R を出力歯車40"に与えると、出力歯車40"と反作用歯車38"との間に生ずる角撓みにより別の複合歯車が、各複合遊星のバックラッシュ d が除去されるため、負荷を支持することができる。角コンプライアンスの大きさは負荷分担の量および合成駆動列ねじり剛さを考えて最適化することができる。

【0082】遊星部品44と46との間の角コンプライアンスを与える複合遊星の構成方法を図8に示す。遊星部品を心棒52に固定する溶接部は遊星部品44および46の外面にある。心棒52は負荷のもとに撓みを生ずるトーションバーとして作用する。遊星部品46が遊星部品44が固定された状態でねじり負荷 T を受けると、遊星部品46の角撓みの量 U を、溶接部間の心棒の長さ L 、心棒の直径 D 、および材料の剛性係数 G を選択することにより、ねじり撓みの関係に従って制御することができる。

【0083】丸い中実断面に対して、

$$U=T \times Q$$

$$Q=L/(G \times J)$$

$$J=(\pi \times D^4)/32 \text{である。}$$

【0084】上述のロボット回転継手は下記機能能力の一つ以上の組合せを有する軸受を備えている。中空コアのある高速減速機を内蔵している。モータを内蔵している。エンコーダを内蔵している。ブレーキを内蔵している。電子構成部品を備えた回路板を内蔵している。

【0085】このような回転継手は、パワー、簡潔さ、信頼性、およびコストに対して最適化し得る重大なロボット設計要素のすべてを一つのモジュールの中に備えている。またそのような回転継手はロボット設計者にロボットの信頼性、コスト、保守、および有用性を改善する高レベルのモジュラリティを許容する。

【0086】一般に、本発明は電動機の回転子をも支持することができる高速支持体を有する遊星歯車減速機で実用化することができる。したがって、一つの太陽歯車、または内歯歯車を有する単段遊星減速機は、更に低い減速比を与えることにより、および高減速比を有する減速機に必要とされることがあるより低い回転速度について設計されたモータを必要とすることにより、本発明に等しく適している。

【0087】したがって、このような回転継手により、モジュラーロボットを構成する新しい方法が可能になる。このようなモジュラーロボットを図18に132で示してあるが、これでは本発明により構成された回転継手モジュールを参照数字134、136、138、140、142、および144で示してあり、接合構造ロボット要素を参照数字146、148、152、154、および156により関節接合構成のモジュラーロボット132を構成する配列順に示してある。この方法により、ボルト止め接続部だけが継手モジュール132乃至144をロボットアームの構造要素146乃至156に接合している。モジュールの中心が中空であることにより、電線およびサービス線158を構造要素146乃至156を通して継手モジュール134乃至144に、およびロボット132の終端に設置されている末端作動機160に、便利に引回すことができる。

【0088】図19乃至図29は図19に示した回転ロボット継手モジュール161を有する基本的ロボット構造モジュールを示す。

【0089】図20および図21（図20のモジュールの端断面）のモジュール163は、少くともその端の一方でロボット継手に結合されたとき、ロボットアームとして働くことができる細長い、中空の、構造梁である。回転ロボット継手を側壁または端壁で中心決めするための穴162を中空梁の壁に設けることができる。このような穴162を、回転継手をねじファスナなどにより構造モジュール163に結合するための更に小さい穴16

4で囲むこともできる。

【0090】このような構造モジュールを回転継手20の第2のハウジング部品30に結合し、ねじ穴に嵌められたねじファスナにより確実に締付けすることができる。

【0091】図22および図23（図22の端図面）の構造モジュールまたは要素165は二つの回転継手に穴166により直交軸を設けさせるハウジング要素である。穴168により構造要素165を取付けることができる。

【0092】図24および図25の構造モジュールまたは要素169により2本の片寄り平行軸を穴170を用いて整列させることができる。穴172によりこの構造要素169を取付けることができる。

【0093】図26および図27の構造要素またはモジュール173はロボットの基礎継手となる3個の回転継手を収容することができる中空の構造的箱である。穴174は回転継手用であり、穴176は構造要素173を取付けることができるようにする。

【0094】最後に、図28および図29の構造モジュールまたは要素177は中心穴178に隣接する他のロボットモジュールを穴182により取付けるのに使用することができる基体モジュールであり、穴180を通して床にボルト止めすることができるロボット用支持基体となる。

【0095】図19乃至図29に関して説明した六つのモジュール161、163、165、169、173、または177はすべて一つ以上の回転継手を収容することができ、または本発明の回転継手に外部で取付けることができる。モジュールの寸法はロボットおよび継手の異なる大きさに適合するよう変更することができるが、基本的構造幾何学は一般に、説明したと同じままにしておくことができる。すべての取付け変種に適合するようモジュールを構成させるのではなく、特定のロボット構成に対する必要性が生じたときはモジュールに穴を機械加工することができる。

【0096】図30乃至図35は本発明の教示を使用してモジュール的に構成した代表的なロボット構成の例を示す。図30、図31、および図32は基本モジュール161、163、165、169、および177から構成した直列リンクを有するロボットを示す。モジュール163、165、169、および177は回転ロボット継手モジュール161も同様であるがその中心回転軸により区別される。

【0097】図30および図32は手首が線上にあるロボットを示すが、図31は手首が片寄っているロボットを示している。

【0098】図33はその第3の軸に対して一つの平行リンク駆動を有し、3軸基体モジュール173を利用している、手首が線上にあるロボットを示している。

【0099】図34はモジュール161、163、16

5、および177を利用した4関節SCARAアームロボットを示す。

【0100】図35は軸冗長性（すなわち、6を超える）を有するロボットを示し、これは想像線で示したようにその第2の軸の周りに回転させることにより複数の平面内で関節接合するよう再構成することができる。

【0101】本発明を実施する最良の態様を詳細に説明してきたが、当業者には付記した特許請求の範囲により規定した本発明を実用化する種々の代りの設計および実施例を認めるであろう。

【0102】

【発明の効果】このような簡単な構造モジュールおよび組み込み回転ロボット継手モジュールから構成されたロボットは機械的および電気に保守およびサービスするのが容易であり、可能な限り少数の簡単な特別製作部品を備えている。したがって、ロボットを少い製造費用で迅速に製作することができる。

【0103】本発明はまた複雑なロボットを簡単、低価格で構成する融通のきく方法を提供していることも明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従って構成した電動回転継手の第1の実施例の半断面図であり、ブレーキおよび/またはエンコーダおよび外歯形式歯車の利用を示している。

【図2】図1と同様の断面図であるが、本発明の回路板を示している。

【図3】図1の回転継手の四半断面端面図あり、歯車遊星および他の歯車装置を示している。

【図4】回路板上に概略図示した電子構成要素を備えている図2の回転継手の端面図である。

【図5】内歯式歯車を備えた回転継手の他の実施例の半断面図である。

【図6】ピッチが1/2ずれている歯車遊星の端面図である。

【図7】接合歯車遊星の側面立面図である。

【図8】溶接歯車遊星の側面立面図である。

【図9】微細ピッチスプラインを有する歯車遊星の半端面図である。

【図10】歯車遊星の端面図であり、その歯および案内路の方向を示している。

【図11】その内部がピンにより共に接続されている歯車遊星の側面断面図である。

【図12】図11の線4g-4gに沿って取った図である。

【図13】バックラッシュを除去するよう修正した減速機歯車装置の側面図である。

【図14】歯車遊星の概略図であり、ねじり変位を直線変位で表わしてある。

【図15】図5の回転継手内部のスリッピングセットとその位置とを示す概略断面図である。

【図16】図5の回転継手内部のエンコーダおよびその位置を示す概略側面立面図である。

【図17】図5の回転継手内部の制動要素およびその位置を示す概略端面図である。

【図18】本発明に従って構成したモジュラーロボットの側面破断面図であり、その構造部材内部の回転継手の位置およびケーブル束を想像線で示してある。

【図19】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図20】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図21】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図22】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図23】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図24】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図25】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図26】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図27】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図28】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図29】本発明によるモジュラーロボットを構成するのに使用する基本的ロボット構造モジュールの種々の図の1つである。

【図30】本発明により構成されたモジュラーロボットの種々の形式の1例を示す側面立面図である。

【図31】本発明により構成されたモジュラーロボットの種々の形式の1例を示す側面立面図である。

【図32】本発明により構成されたモジュラーロボットの種々の形式の1例を示す側面立面図である。

【図33】本発明により構成されたモジュラーロボットの種々の形式の1例を示す側面立面図である。

【図34】本発明により構成されたモジュラーロボットの種々の形式の1例を示す側面立面図である。

【図35】本発明により構成されたモジュラーロボット
の種々の形式の1例を示す側面立面図である。

【符号の説明】

20 電動回転継手
22 減速機
24 中空中心
26 軸受
28 第1ハウジング部
30 第2ハウジング部
31 モータ
34 リテーナ
38, 40 歯車
42 複合遊星歯車

44, 46 複合遊星を構成する歯車

48 支持体アセンブリ

72 シール

106 導電体

131 印刷回路板

133 モータ駆動回路

161, 163, 165, 169, 177 基本継手モ
ジュール

R 負荷

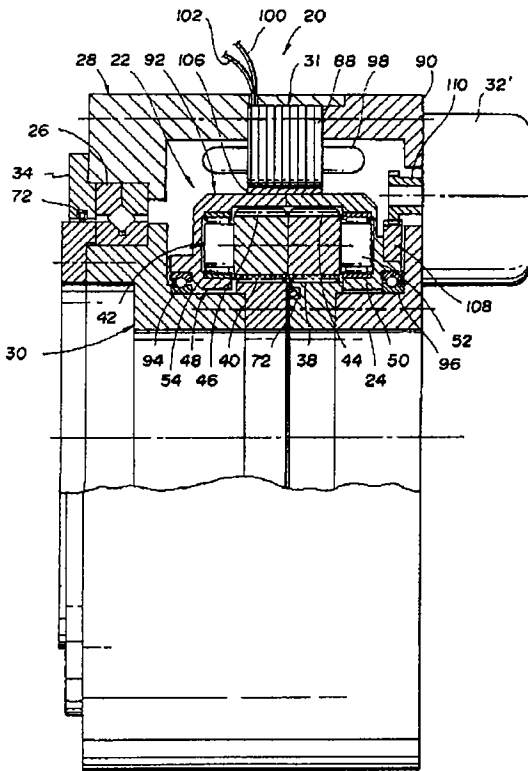
d バックラッシュ

Q コンプライアンス

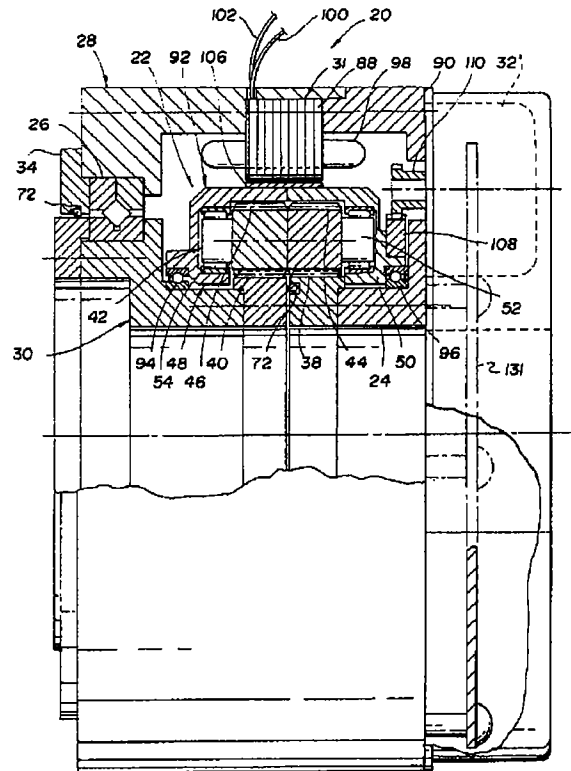
P 歯車ピッチ

X はす歯のつる巻き角 (ヘリックス アングル)

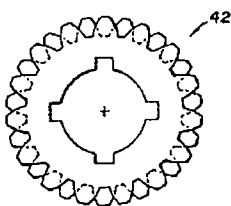
【図1】



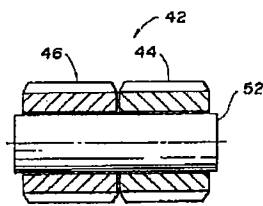
【図2】



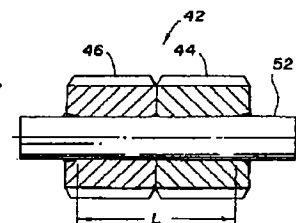
【図6】



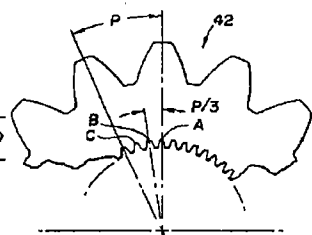
【図7】



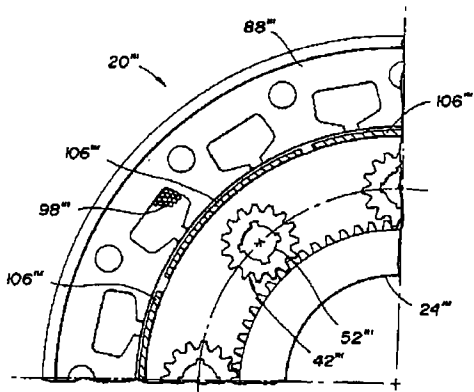
【図8】



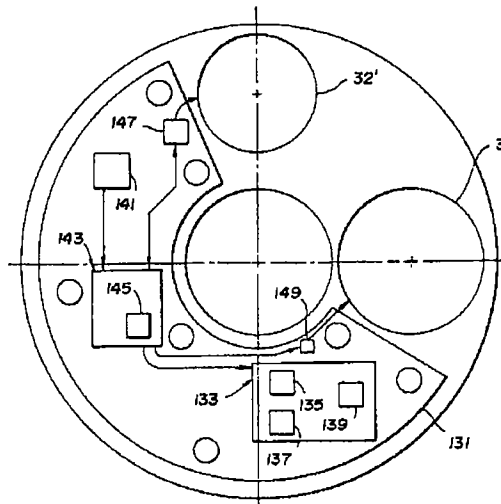
【図9】



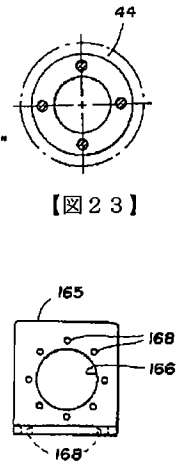
【图3】



【图4】

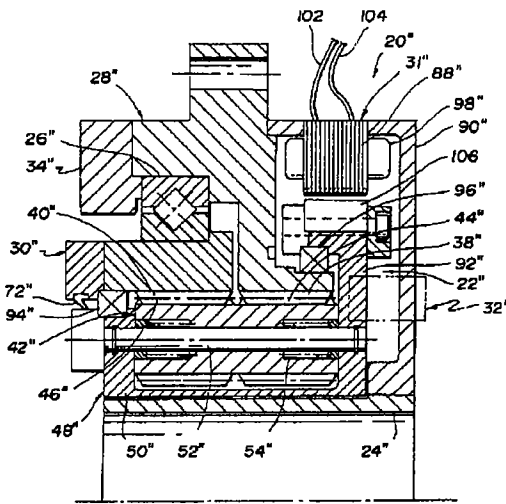


【图12】

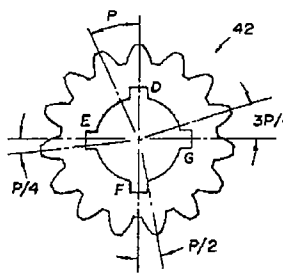


【图23】

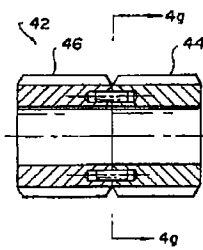
【图5】



【图10】



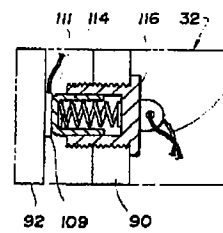
【图11】



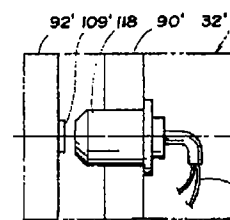
【图19】

【图15】

【图14】



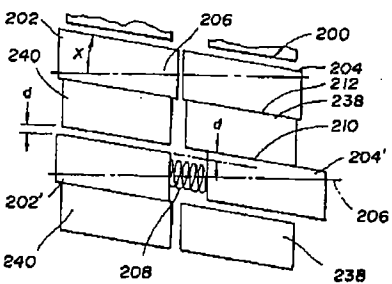
【图16】



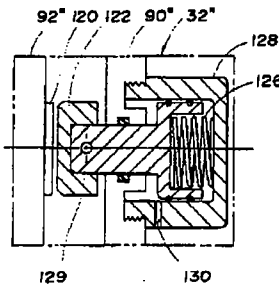
【图21】



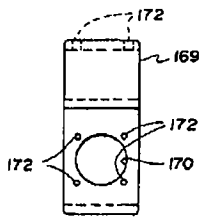
【图13】



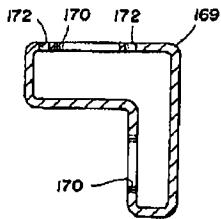
【図17】



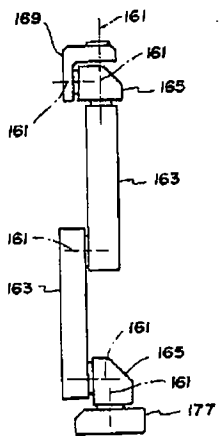
【図24】



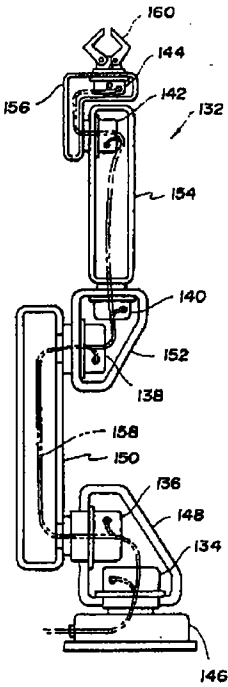
【図25】



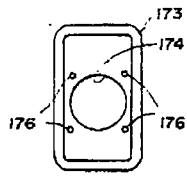
【図30】



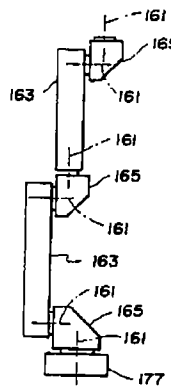
【図18】



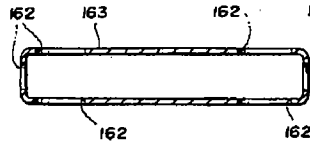
【図26】



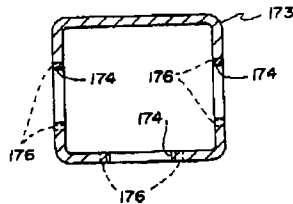
【図31】



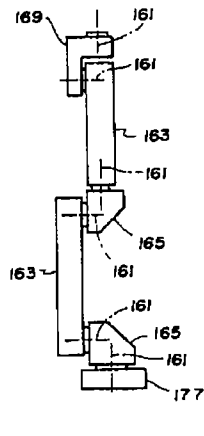
【図20】



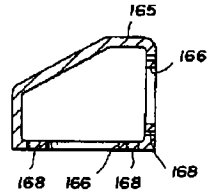
【図27】



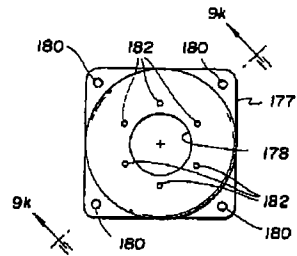
【図32】



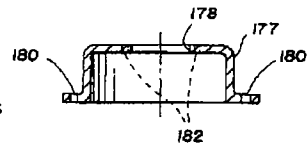
【図22】



【図28】

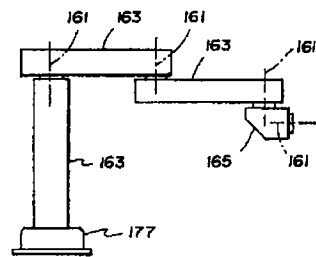


【図29】



【図34】

【図33】



【図 3 5】

